FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

nnée 1912.

THÈSE

N° 405

POUR LE

)OCTORAT EN MÉDECINE

PAR

ALEXANDRE BOUSSAGUET

PRÉPARATEUR AU LABORATOIRE DES TRAVAUX PHYSIOLOGIQUES
A LA FACULTÉ DE MÉDECINE

Né à Najac (Aveyron), le 14 Septembre 1887.

Recherches expérimentales

sur les

Conditions physiologiques

du Travail des Mineurs

Etude de la perte d'eau pendant le travail

Président : M. ROGER, *Professeur.*

PARIS
G. STEINHEIL, ÉDITEUR
2, RUE CASIMIR-DELAVIGNE, 2

1912

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Doyen	M.	LANDOUZY.
Professeurs	MM.	
Anatomie		NICOLAS.
Physiologie		Ch. RICHET.
Physique médicale		WEISS.
Chimie organique et Chimie minérale		GAUTIER.
Parasitologie et Histoire naturelle médicale		BLANCHARD.
Pathologie et thérapeutique générales		ACHARD.
Pathologie médicale		WIDAL. TEISSIER.
Pathologie chirurgicale		N...
Anatomie pathologique		MARIE (Pierre).
Histologie		PRENANT.
Opérations et appareils		HARTMANN.
Pharmacologie et Matière médicale		POUCHET.
Thérapeutique		MARFAN.
Hygiène		CHANTEMESSE
Médecine légale		THOINOT.
Histoire de la Médecine et de la Chirurgie		LETULLE.
Pathologie comparée et expérimentale		ROGER.
Clinique médicale		CHAUFFARD. GILBERT DEBOVE. LANDOUZY.
Clinique des maladies des enfants		HUTINEL.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques		GAUCHER.
Clinique de pathologie mentale et des maladies de l'encéphale		BALLET (Gilbert).
Clinique des maladies nerveuses		DEJERINE.
Clinique chirurgicale		DELBET (Pierre). QUÉNU. RECLUS. SEGOND.
Clinique ophtalmologique		DE LAPERSONNE.
Clinique des voies urinaires		N...
Clinique d'accouchements		BAR. PINARD. RIBEMONT-DESSAIGNES.
Clinique gynécologique		POZZI.
Clinique chirurgicale infantile		KIRMISSON.
Clinique thérapeutique		ROBIN.

Agrégés en exercice

MM.	MM.	MM.	MM.
BALTHAZARD	DESGREZ.	LENORMANT.	PROUST.
BERNARD (Léon).	DUVAL (Pierre).	LEQUEUX.	RATHERY.
BRANCA.	GOUGEROT.	LERI.	RETTERER.
BRINDEAU.	GREGOIRE.	LOEPER.	RICHAUD.
BROCA (André).	GUENIOT.	MACAIGNE.	ROUSSY.
BRUMPT.	GUILLAIN.	MAILLARD.	ROUVIERE.
CAMUS.	JEANNIN.	MORESTIN.	SCHWARTZ.
CARNOT.	JOUSSET.	MULON.	SICARD.
CASTAIGNE.	LABBE (Marcel).	NICLOUX.	TERRIEN (F.).
CHEVASSU.	LAIGNEL-LAVASTINE.	NOBECOURT	TIFFENEAU.
CLAUDE.	LANGLOIS.	OKINCZYC.	ZIMMERN.
COUVELAIRE.	LECENE.	OMBREDANNE.	

Le Secrétaire de la Faculté : DESTOUCHES.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'École a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propre à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ou improbation.

A MON PÈRE ET A MA MÈRE

A MA FIANCÉE

A MES PARENTS ET A MES AMIS

A Monsieur le Professeur ROGER

Qui a bien voulu nous faire l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse.

En témoignage de notre reconnaissance.

A NOS MAITRES DANS LES HOPITAUX

M. le Docteur HIRTZ, médecin des hôpitaux (Necker)

M. le Docteur HUCHARD (*in memoriam*).

M. le Docteur GUINARD (*in memoriam*).

M. le Docteur LEGENDRE, médecin des hôpitaux (Lariboisière).

M. le Docteur WALTHER, professeur agrégé, chirurgien des hôpitaux (Pitié).

M. le Docteur BOURCY, médecin des hôpitaux (Laënnec).

M. le Professeur ALBARRAN (*in memoriam*).

M. le Docteur BONNAIRE, professeur agrégé, accoucheur des hôpitaux (Lariboisière).

M. le Docteur LEPAGE, professseur agrégé, accoucheur des hôpitaux (Boucicaut).

C'est sous la savante direction de M. le Professeur agrégé Langlois que toutes les recherches personnelles contenues dans ce travail ont été effectuées.

Depuis qu'il nous a fait le très grand honneur de nous admettre comme préparateur dans son Laboratoire, il n'a cessé de nous témoigner une bienveillance dont nous sentons tout le prix. Nous sommes heureux de lui adresser aujourd'hui une faible expression de notre respectueuse affection et de notre vive reconnaissance.

Je tiens aussi à adresser tous mes remerciements à mes amis du Laboratoire : Le docteur Garrelon, chef adjoint des Travaux physiologiques, M. Desbonis, préparateur des Travaux physiologiques, interne des hôpitaux, MM. Routhier et Marcou, Strehaïano, pour leur aimable collaboration.

I

HISTORIQUE

« Chercher à déterminer la transpiration cutanée, dit Bichat, c'est chose aussi vaine que de spécifier les quantités d'eau vaporisées par un foyer dont on fait à chaque instant varier l'énergie. »

Si cette critique porte juste quand on considère, comme l'ont fait beaucoup d'auteurs, la transpiration d'une manière absolue, abstraction faite de ses rapports avec les influences multiples qui la font varier, elle cesse d'être applicable aux recherches qui ont eu précisément pour objet la détermination de la perte en eau subie par le corps en fonction des différents facteurs auxquels elle est subordonnée. La plupart des recherches modernes ont été effectuées dans ce sens. Il sera intéressant d'exposer, en suivant la marche historique, les travaux entrepris sur cette question. Cela fait, nous indiquerons le but précis de nos recherches.

Sanctorius a, l'un des premiers, compris toute l'importance physiologique de la déperdition d'eau, déperdition incessante qui s'opère par les surfaces cutanée et pulmonaire ; il a appliqué à cette détermination la méthode des pesées, usitée depuis en médecine et dont nous-mêmes nous sommes servi.

Malheureusement, Sanctorius a complètement négligé

de faire la part de l'évaporation cutanée et pulmonaire et d'étudier leurs rapports réciproques.

En 1790, Lavoisier et Seguin étudient dans plusieurs mémoires à l'Académie des Sciences, la quantité d'eau exhalée par le poumon. Ces études, très intéressantes pour nous, démontrent que l'évaporation qui se fait à la surface du corps, est presque deux fois aussi active que celle qui a lieu à la surface des cavité respiratoires.

De nos jours, cette question a été reprise, et les auteurs actuels se sont surtout attachés à démontrer l'influence désastreuse qu'exerce sur l'organisme, la chaleur humide, en diminuant l'évaporation et l'élimination d'eau. Il ne faudrait cependant pas croire que cette notion date de nos jours. A la fin du XVIII[e] siècle, Francklin signalait déjà les mauvaises conditions du travail dans une atmosphère humide. De récentes expériences sont venues éclairer ce point signalé et ont eu de grandes conséquences pour la réglementation du travail de la mine.

En Allemagne, le professeur Rübner a étudié, dans un travail très souvent cité (1890), les variations que subit l'émission de vapeur d'eau dans l'organisme.

« La majorité de ses expériences portent sur des cobayes et des chiens.

« Le cobaye est mis dans une cloche en verre de 3,900[cc]. Cette cloche repose sur un plateau en verre qu'on a la précaution de huiler. Deux tubes sont appliqués à la cloche : l'un amène l'air frais, l'autre emporte l'air déjà respiré dans un grand compteur à gaz. On verse dans la cloche un peu d'huile de colza qui protégera de l'évaporation en les recouvrant, l'urine et les matières fécales.

« La cloche plonge dans un récipient contenant de l'eau qu'on peut porter à la température voulue. Cette chaleur est parfaitement uniforme et elle est maintenue par deux appareils.

« La ventilation de la cloche est assurée par l'appareil de Münke. Du tube, l'air passe par des flacons à absorption remplis de pierre ponce et de $So^4 H^2$ et puis dans un tube à baryte pour se rendre dans des petits compteurs à gaz. La pression négative dans le système des tubes mesurée dans les compteurs est de 9 à 9,8 cm d'eau. L'air qui entre dans l'appareil est préalablement séché dans bien des cas. Il est toujours de même température que l'eau du récipient.

« L'opinion qui considère l'évaluation de la vapeur d'eau à l'aide de cet appareil comme incertaine est fausse. En évitant les causes d'erreur par inégalité du chauffage ou par installation incorrecte des tubes de dérivation, on aura des résultats absolument sûrs.

« Dans ces expériences, il faut tenir compte du pouvoir hygroscopique des poils et des vêtements.

« Les expériences se divisent en deux séries :

« 1° A température égale, quelle est l'action de l'humidité sur l'émission de vapeur d'eau ;

« 2° A humidité égale, quelle est l'action de la température.

«Mais ces conditions physiques agissent différemment suivant l'état de l'animal. Pour cette raison, les expériences portaient sur des animaux soumis au jeûne ou à une alimentation plus ou moins abondante. »

Voici les conclusions de Rübner :

« L'émission de vapeur d'eau pour un organisme est sous la dépendance :

« 1° De la courbe de la température ;

« A température croissante, dit Rübner, on trouve une diminution progressive de la quantité d'acide carbonique, et avec une diminution de rayonnement, on constate une augmentation de l'émission de vapeur d'eau.

« Si l'on considère l'abaissement de température, on voit une diminution de l'émission de vapeur d'eau avec l'augmentation de la perte de chaleur.

« 2° Le deuxième facteur serait l'humidité ou la sécheresse relative.

GROUPE	APPORT EN GR.	L'AIR CONTIENT A SATURATION	HUMIDITÉ RELATIVE	SÉCHERESSE RELATIVE	ÉMISSION DE VAPEUR D'EAU
1	5.98		34	66	105.6
2	7.56	17.4	43	57	98.7
3	8.47		49	51	88.5

Ces expériences du professeur Rübner ne portent que sur des animaux au repos.

Cependant le même auteur, en collaboration avec Cramer, a cherché à déterminer la quantité de vapeur d'eau émise sous l'influence du travail. Leurs expériences furent très peu nombreuses et les auteurs concluent simplement à une augmentation de perte d'eau sous l'influence du travail, sans chercher à déterminer les lois qui régissent ce phénomène.

En Angleterre, Haldane s'est, lui aussi, préoccupé de cette question : il rapportait, en septembre 1907, les résultats de ses expériences au Congrès d'hygiène de

Berlin. Cet auteur note la diminution de perte d'eau par l'organisme, quand l'atmosphère se charge d'humidité. Pour cet auteur, il ne faut attacher qu'une importance relative à l'humidité relative donnée par le psychromètre. Le thermomètre mouillé, dit Haldane, fournit les données essentielles, et dans son rapport, il termine par une étude des symptômes pathologiques liés à la présence d'humidité dans l'atmosphère de travail (26°).

Les études des américains Benedict et Carpenter, de Washington, ont pour nous plus d'intérêt. Ces auteurs se sont, en effet, attachés à l'étude des variations de la vapeur d'eau pendant le travail. Ils expérimentent sur un sujet entraîné qu'ils font travailler sur une bicyclette ergométrique.

La durée des expériences est de 2 à 3 heures, et ces auteurs calculent, en même temps que l'émission d'eau, la chaleur produite pendant le travail.

Leur rapport se termine :

« Dans nos diverses expériences, nous n'avons pu réaliser un dispositif nous permettant une étude satisfaisante des excrétions. Nous fûmes donc obligés de renoncer à l'étude de la transpiration. »

En 1910, le professeur agrégé Langlois fut chargé, par le Comité central d'hygiène des Mines, d'étudier les conditions physiologiques du travail des mineurs.

A la suite d'une série d'expériences exécutées dans la galerie de Mines de la Faculté de Médecine, nous avons pu établir certains points que nous allons reprendre, conclusions qui ont fait d'ailleurs l'objet d'une communication à la Société de Biologie.

II

TECHNIQUE ET MARCHE DES EXPÉRIENCES

Avant d'entreprendre les détails de la technique de nos expériences, nous croyons utile de rappeler les conditions de travail qui nous étaient offertes.

Nous ne jugeons pas nécessaire de reprendre la description de la galerie de mines d'expériences que l'on trouvera dans la thèse du docteur Marcou.

Mais nos recherches ont nécessité l'emploi de plusieurs appareils qu'il est de toute utilité de décrire.

C'est tout d'abord le psychromètre :

Le psychromètre, comme on pourra s'en rendre compte d'après le schema, se compose d'un thermomètre sec thermomètre ordinaire et d'un second, dit thermomètre mouillé, dont le mercure est entouré d'une mousseline plongeant dans un réservoir d'eau qui le maintient toujours humide. L'évaporation de l'eau sur la mousseline est d'autant plus active que l'air est plus sec et refroidit le mercure, de sorte que le thermomètre mouillé indique une temperature toujours plus basse que l'autre. La différence est d'autant moindre que l'air est plus humide. Elle est nulle quand l'air est saturé.

FIG. 1. — Psychrometre Mechling, construit spécialement pour les mines, suivant les indications du Pr J.-P. LANGLOIS.

Comment calculer, d'après les lectures du psychromètre, le poids de la vapeur d'eau contenue dans l'air ?

Quand le niveau du mercure du thermomètre mouillé est devenu stationnaire, la quantité de chaleur qu'il perd par unité de temps, à cause de l'évaporation de l'eau, est égale à la quantité de chaleur qu'il reçoit dans le même temps par le rayonnement des corps qui l'entourent ou de l'air ambiant.

Dans cet état stationnaire, l'air qui avec une teneur en vapeur d'eau inconnue, x, se trouve au voisinage immédiat du réservoir humide, atteindra son maximum de saturation, s. Un tableau indiquant la tension maxima de la vapeur d'eau aux diverses températures, nous donne le chiffre s.

Mais la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air saturé s se compose d'abord de l'humidité primitive de l'air m et ensuite de la quantité de vapeur d'eau que l'air a prise à la mousseline imbibée du thermo-humide, pour atteindre le chiffre de saturation, quantité représentée par le produit cd dans lequel c se présente en degrés : la différence entre les deux thermomètres et d, une constante qui, pour notre psychromètre, est égale à **0,65.**

Dès lors, nous n'aurons qu'à appliquer la formule

$$s = m + (cd)$$

Une table nous donnera la valeur de s, le chiffre c s'obtient en faisant la différence des lectures des deux psychromètres, dès lors, il nous sera facile d'avoir

$$m = s - cd.$$

Bascule Exupère. — Nos expériences ayant pour but l'étude de la perte d'eau, il était de toute nécessité de

posseder un instrument qui nous permit une mesure rigoureuse du poids des sujets en expérience.

Construite spécialement par la maison Exupère, notre bascule nous permettait de déterminer les variations de poids pour des sujets entre 60 et 100 kilos avec une approximation de 5 grammes.

Thermomètre de Pilischer. — Le thermo de Pilischer, grâce à la faible capacité de son réservoir, permet de faire des lectures en moins de 40 secondes.

Recherches originales. — Nous avons tenu à étudier dans nos travaux la marche de la perte d'eau aux différents moments de notre expérience.

Les sujets travaillaient, le torse nu, sur une bicyclette dont la résistance, mesurée au frein de Prony, était de 2 kilogs.

Calculs relatifs à la détermination du travail et de la puissance d'un homme, avec le frein de Prony adapté à une bicyclette :

Soit P le poids lu au dynamomètre :

L = 0m25 la longueur du bras de levier du frein ;

N = le nombre de tours total de la poulie du frein pendant le temps de l'expérience.

Le rendement de l'appareil étant de $\frac{8}{10}$, le travail sera donné par la formule :

$$T = \frac{P \times L \times 2\pi \times N \times 10}{8} \text{ kilogrammètres.}$$

La puissance $P_1 = \frac{P \times L \times \pi \times N \times 10}{t'' \times 30 \times 8}$ kilog.-second.

$$\text{ou } P_1 = \frac{P \times L \times \pi \times N}{t \times 24}.$$

Le travail peut être facilement calculé, connaissant la résistance du frein et le nombre de tours de pédales.

La ventilation pulmonaire et le rythme respiratoire étaient enregistrés au spiromètre de Verdin. La communication entre le sujet et l'appareil était réalisée par une soupape du type Tissot, présentant le minimum de résistance. Avant d'arriver au spiromètre, l'air expiré passait par un récipient de dix litres environ, muni d'un ballon correcteur, et c'est dans ce récipient que s'effectuaient les prises d'air destinées à l'analyse.

Toute la canalisation était constituée par des tubes de cuivre ou de caoutchouc de 2 centimètres de diamètre.

Le jeu des registres et l'arrêt du ventilateur nous ont permis de faire varier la vitesse de l'air de 0 à 5 mètres.

Enfin l'humidité due aux pulvérisations ou à l'ébullition continuelle d'une quantité d'eau, était mesurée par le psychromètre.

La durée de nos expériences, toujours la même, est d'une heure et demie.

Nous commençons par prendre la température buccale et la température rectale du sujet, son pouls, sa pression artérielle. Cette dernière est mesurée au sphygmomanomètre Pachon déjà connu.

Ces mesures faites, le sujet monte sur la bicyclette, dont on peut faire varier grâce à un frein de Prony la résistance ; celle-ci, toujours la même, est de 2 kilogs. Le nombre de tours de pédales est enregistré de temps à autre. Enfin à la 13e minute, le sujet respire dans la soupape de Tissot et le spiromètre de Verdin. Le rythme et la ventilation pulmonaire enregistrés, nous recueillons, grâce à un dispositif dû au Professeur Langlois, un

échantillon d'air dont l'analyse est faite à l'appareil Laulanié.

Après un quart d'heure de travail, le sujet descend de sa bicyclette. On prend son pouls, ses températures buccale et rectale, enfin son poids. Avant de se peser, le sujet s'essuie avec une serviette sèche. Ces diverses mesures faites, le sujet, après 5 minutes de repos, reprend son travail pour un nouveau quart d'heure. Et ainsi de suite pendant six quarts d'heure, à la fin de chacun desquels on procède aux mêmes mesures. Nous noterons toutefois que l'étude des échanges respiratoires n'est faite que trois fois par séance. Au 1er, 3e et 6e quarts d'heure de travail.

III

MARCHE DE LA PERTE D'EAU PENDANT LE TRAVAIL

Nous avons exposé dans l'historique de la question, certains travaux récents exécutés en Amérique par Bénedict et Carpenter. Comme nous le disions plus haut, ces deux auteurs ont tenté d'étudier la perte d'eau pendant le travail, et ses variations suivant certains facteurs. Leurs expériences, d'une durée de deux heures, leur indiquaient la quantité d'eau perdue pendant le travail. Nous avons jugé utile de reprendre cette étude mais de scinder la séance d'expériences, en plusieurs reprises, afin d'étudier la marche de la perte d'eau pendant le travail.

La technique décrite plus haut, il est nécessaire d'établir certains points dont nous avons tenu compte et qui auraient pu constituer une cause d'erreur.

1° C'est tout d'abord la perte de poids par suite des échanges gazeux.

Les mesures des échanges respiratoires montrent que pendant le travail la production horaire d'acide carbonique peut atteindre 130 grammes et l'absorption d'oxygène 115 grammes, soit un quotient de 0,9, quotient qui

correspond bien à celui d'un homme pendant le travail. Dans ces conditions extrêmes, la perte par les échanges peut atteindre 15 grammes. La quantité d'eau perdue ne descendant pas au-dessous de 600 grammes, il y aurait donc une erreur en trop de un trentième au maximum. D'autre part, les chiffres des échanges chimiques nous montrent que les variations dans le quotient respiratoire sont d'ordre secondaire comparées aux variations d'élimination de la vapeur d'eau.

2° La seconde cause d'erreur que nous avons tâché d'éviter est la suivante : c'est l'eau non évaporée et restant dans les vêtements.

Cette question, qui a gêné Bénedict et Carpenter dans leurs expériences, nous l'évitons en faisant travailler les sujets nus, n'ayant qu'une simple culotte de toile coupée aux genoux. La pesée de ce vêtement montre que l'erreur, de ce chef, ne dépasse pas 10 grammes.

Un fait qui se dégage nettement de l'ensemble de nos expériences est le suivant :

Si nous représentons graphiquement les pertes d'eau par quart d'heure de travail, nous constatons que tous ces graphiques présentent une grande analogie entre eux. Sur les huit graphiques que nous avons établis, on voit deux maxima A et B.

Le sommet A correspond, dans la plupart de nos expériences, au 2e ou 3e quart d'heure de travail. Le second point culminant B, se rencontre d'une façon à peu près constante à la 5e partie de notre expérience.

Il semble donc, en se basant sur cette constatation, que l'on se trouve en présence d'une réaction qui se produirait d'une façon à peu près analogue dans chacune de nos expériences.

1° *Travail avec ventilation.* — Dans cette série d'expériences, le ventilateur est mis en marche et la vitesse du courant d'air lue à l'anémomètre à la hauteur du thorax est de 2m à la seconde. Au deuxième quart d'heure, à la 30e minute, la perte est au summum ; ici, plus d'hésitation, plus d'obstacle dans la lutte contre la chaleur.

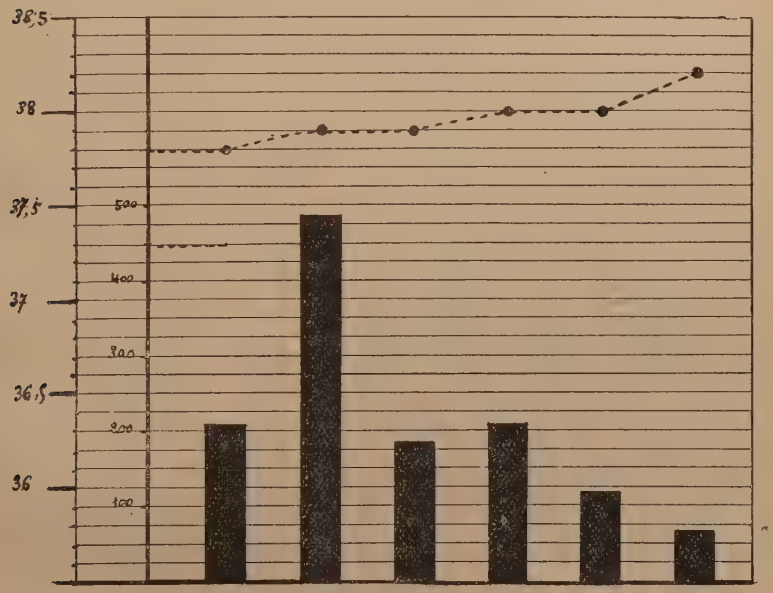


Fig. 2. — Perte d'eau pendant le travail avec ventilation.

Légende pour tous les graphiques : Ligne pointillée = T. rectale. Colonnes noires = perte d'eau par quart d'heure, en grammes. 1 division = 25 grammes d'eau évaporée.

Un second fait qui se dégage clairement de l'examen des reproductions graphiques de la perte d'eau est le suivant. Notre courbe, disions-nous, nous présente deux sommets, il est intéressant de constater que le second maximum de notre courbe est toujours inférieur au premier.

Le second mouvement de réaction de l'organisme contre l'excès de chaleur est plus faible que le premier. Il semble qu'il y ait là une fatigue dans la défense.

On devait s'attendre à trouver un certain parallélisme entre la courbe de la température du sujet et la marche de l'évaporation aqueuse, et notamment à la suite de chaque summum un abaissement consécutif de la température.

Aussi, avons-nous à dessein construit en regard du graphique de la perte d'eau, celui de la température rectale. Si, dans quelques expériences, l'hypothèse annoncée se réalise, dans la majorité des cas, il y a une indépendance complète des deux courbes, ce qui tend à établir que l'influence de l'évaporation aqueuse sur la régulation thermique n'est pas immédiate.

Telles sont les constatations qui se dégagent de l'examen d'ensemble des tracés. Une observation cependant s'écarte complètement des autres, et nous nous sommes crus autorisés de l'éliminer dans le calcul des moyennes, par suite des conditions spéciales où il a été réalisé. C'est le tracé de la perte d'eau dans la première séance de nos recherches. Le psychromètre indique 27-23, la résistance au frein est de 3 kilogs.

Ici, nous arrivons à la 15e minute au maximum de perte d'eau. La sudation précoce a commencé 4 minutes après le début du travail.

Pourquoi cette différence, cette particularité ?... Nous croyons utile, devant cette constatation, de rappeler que dans cette première expérience, notre sujet, non entraîné, avait à produire un travail particulièrement pénible, la température étant élevée, pas de ventilation, enfin la résistance du frein étant de 3 kg.

2° *Travail sans ventilation.* — Les conditions sont bien définies, le milieu est saturé d'humidité, et il n'y a pas de ventilation. Dans ces conditions, la courbe d'élimination d'eau nous montre la réaction de l'organisme à la chaleur, hésitante. La perte d'eau est faible au pre-

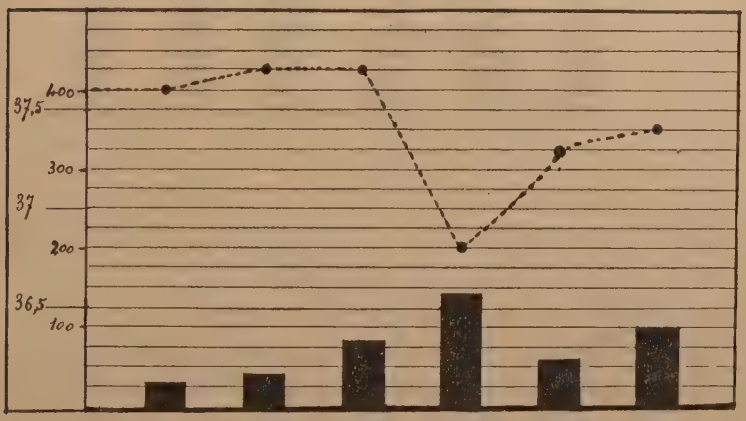


Fig. 3. — Perte d'eau dans le travail sans ventilation.

mier quart d'heure, augmente à la 30e minute pour atteindre son maximum à la 4e période du travail. C'est une réaction lente que nous montre l'examen du graphique, 50 gr., 60, 70, 120 gr. avant le mouvement de défense net, le summum, qui dans le cas envisagé, se produit tardivement.

En réunissant les expériences faites sur deux sujets, suffisamment entraînés à travailler en milieu chaud et humide, nous pouvons construire le graphique fig. 4.

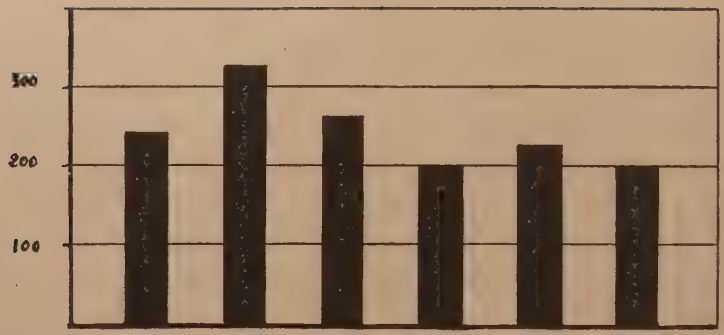


Fig. 4. — Graphique des moyennes de perte d'eau par quart d'heure de travail.

Ce graphique met en évidence ce fait que nous avons développé dans les pages précédentes : avec ou sans ventilation, en milieu chaud et humide, on constate nettement une variation dans la perte d'eau, variation caractérisée par l'existence de deux maxima, dans une période d'observation de 1 h. 1/2.

IV

INFLUENCE DE LA VENTILATION SUR LA PERTE D'EAU

Dans son ouvrage *De la chaleur animale*, M. Lefèvre a consacré un chapitre à la déperdition dans les courants d'air. Voici les conditions de ses expériences :

« Le sujet placé dans un long couloir de ventilation, reçoit un courant d'air dont la masse et la vitesse sont connues. C'est cette masse d'air qui emporte la chaleur débitée par la surface de l'organisme. Il suffit de mesurer son échauffement au moyen de thermomètres placés en amont et en aval pour connaître par un calcul facile la chaleur cherchée.

De cette étude faite à diverses températures et pour différentes vitesses du courant d'air depuis 0^m30 jusqu'à 4 ou 5 mètres à la seconde, l'auteur a tiré la conclusion suivante :

La déperdition par l'air en mouvement non seulement s'accroît, mais *s'accélère rapidement avec la chute de température.*

Nous avons repris l'étude de cette question et avons essayé de montrer l'influence de la ventilation sur la perte d'eau, dans les conditions mêmes de la mine, c'est-à-dire en milieu sec et en milieu humide.

Nos expériences, qui datent de 1910, portent sur trois

étudiants en médecine, de poids sensiblement égal. Les conclusions ont fait l'objet d'une communication à la Société de Biologie en juillet 1910 :

Si nous ne tenons compte que du thermo mouillé, nous pourrons voir dans le tableau que nous donnons, la perte d'eau diminuer au fur et à mesure que la température s'élève.

	Thermomètre mouillé.		Thermomètre sec.	
	20° à 26°	26° à 31°	20° à 26°	26° à 31°
	—	—	—	—
Accalmie.....	527 gr.	450 gr.	500 gr.	540 gr.
Vent de 4 min. à la seconde.	1.340	930	520	1.440

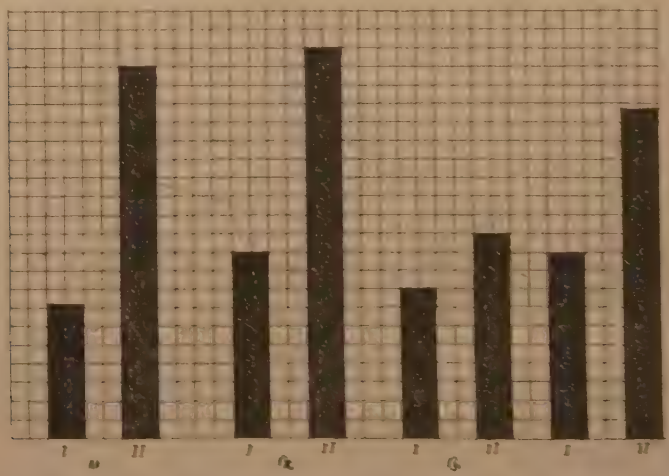


Fig. 5. — Influence de la ventilation sur la perte d'eau chez trois sujets différents, M., B., R., de même poids et fournissant le même travail, et moyenne obtenue avec les trois.

Chaque trait horizontal = 50 grammes par heure. I = Accalmie ; II = Ventilation.

Etudions la déperdition en fonction de l'élévation du thermomètre sec, nous constatons la marche inverse de la perte d'eau. L'élimination de vapeur d'eau croit avec la température.

Mais plaçons-nous dans les conditions même de la

mine, et comparons les pertes d'eau en tenant compte du déficit de saturation, c'est-à-dire de l'écart entre les thermomètres du psychromètre, indépendamment de leur valeur absolue.

ACCALMIE				VENTILATION			
Thermomètres.				Thermomètres.			
Mouillé.	Sec.	Ecart.	Perte d'eau par heure.	Mouillé.	Sec.	Ecart.	Perte d'eau par heure.
—	—	—	—	—	—	—	—
28°	30°	2°	200 gr.	28°	30°	2°	360 gr.
29°	39°	10°	425 gr.	28°	38°	10°	2.500 gr.

Nous voyons qu'au milieu saturé, la perte d'eau est augmentée avec la ventilation. Dans un milieu relativement sec (39°/29°) l'effet de la ventilation est le même, mais dans ce second cas, les résultats sont amplifiés.

Dans un milieu non ventilé, le psychromètre indiquant un écart de 10° entre la température sèche et humide, la perte d'eau par heure est de 425 gr. Dans un milieu ventilé avec les mêmes conditions de température et d'humidité, la déperdition est presque quintuplée de 400, nous la voyons s'élever à 2500 gr.

Le graphique fig. 6, montrera facilement les variations importantes de cette élimination d'eau sous l'influence de la ventilation.

Dans nos récentes expériences, janvier, février 1912, il est facile de contrôler ces résultats.

Ainsi, dans l'expérience du 7 février, la lecture du psychromètre nous montre 3° de différence. La ventilation est de 2 mètres à la minute. La perte d'eau après une heure et demie de travail est de 700 gr. Le 26 janvier, avec un écart de 10° entre les thermomètres sec et humide, et une ventilation de 3 mètres, le sujet a perdu au bout des mêmes temps d'expérience 1330 gr.

Il eut été intéressant de constater que l'élimination d'eau pouvait varier aussi en fonction de la vitesse de ventilation.

Mais celles de nos expériences où nous ne faisions varier que le facteur ventilation, tous les autres restant

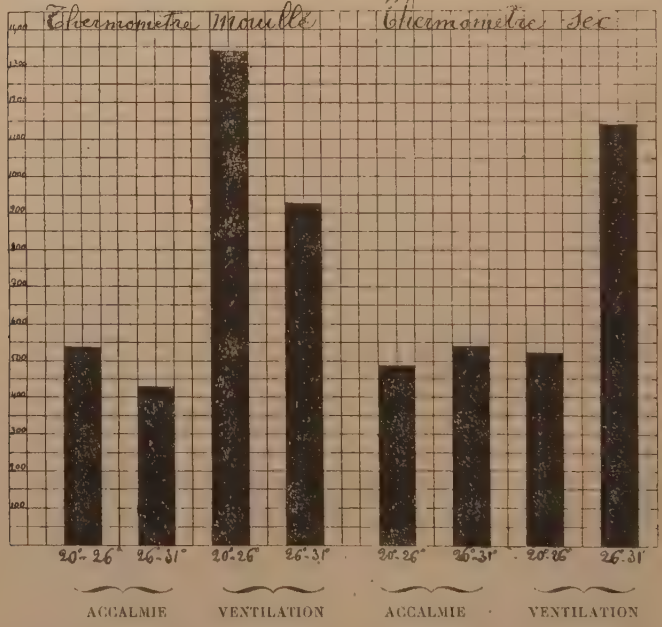


Fig. 6. — Influence du mouvement de l'air sur la perte d'eau.

Les chiffres indiquent la vapeur d'eau perdue par heure, calculée sur trois sujets de même poids.

non modifiés, sont en trop petit nombre pour nous permettre de tirer des conclusions.

Il se dégage donc nettement des expériences précédentes, que la ventilation en milieu chaud ou humide, favorise l'élimination d'eau du sujet, cette déperdition étant surtout augmentée en milieu relativement sec et ventilé.

V

DU QUOTIENT ÉVAPORATOIRE

En 1789, Lavoisier écrivait : La machine humaine est gouvernée par trois facteurs : La respiration qui consomme de l'hydrogène et du carbone et qui fournit du calorique ; la transpiration qui augmente ou qui diminue, suivant qu'il est nécessaire d'emporter plus ou moins de calorique, enfin la digestion qui rend au sang ce qu'il perd par la respiration ou la digestion.

Le deuxième facteur dont parle Lavoisier et qui permet à l'organisme de lutter contre la chaleur, doit comprendre, non seulement la transpiration ou évaporation cutanée, mais encore l'évaporation pulmonaire. L'élimination d'eau se fait par une double surface, à savoir : d'une part, la surface cutanée et d'autre part la surface pulmonaire. Chaque expiration rejette une certaine quantité d'air saturé de vapeur d'eau. A l'inspiration suivante, l'air non saturé du dehors vient prendre sa place, se sature à son tour et aspire par la vaporisation de l'eau du sang, un certain nombre de calories. On sait en effet qu'un homme qui perd un litre de sueur se refroidit de 582 calories.

Du rapport entre Ep et Ec.

Dans une note communiquée à la Société de Biologie en novembre 1904, M. d'Arsonval insiste sur l'étude du *coefficient du partage thermique*. Sous ce nom, l'auteur désigne le rapport existant entre les quantités de

chaleur perdues par l'évaporation de l'eau par la peau et par les poumons.

Dans une note ultérieure qu'il nous a été impossible de retrouver, d'Arsonval fixe à *20* ou 25 % la part due à l'évaporation pulmonaire, la surface cutanée éliminant 75 %.

Nous proposons de substituer à l'expression *coefficient de partage thermique*, celle de quotient évaporatoire, représentant le rapport entre l'évaporation pulmonaire Ep et l'évaporation cutanée Ec.

$$QE = \frac{Ep}{Ec}$$

Le terme de partage thermique ne s'applique pas exclusivement à la perte par évaporation d'eau.

Un certain nombre de physiologistes ont donné quelques chiffres de la répartition entre les systèmes cutanés et respiratoires de la vapeur d'eau éliminée ; mais trop souvent sans insister sur les conditions, soit du sujet, soit du milieu ambiant.

Voici quelques chiffres publiés :

Vierordt.....	50 %	au repos.
Gauthier.....	50 %	—
d'Arsonval.....	25 %	—
Rübner.....	40 %	—
Atwater.....	42 %	—

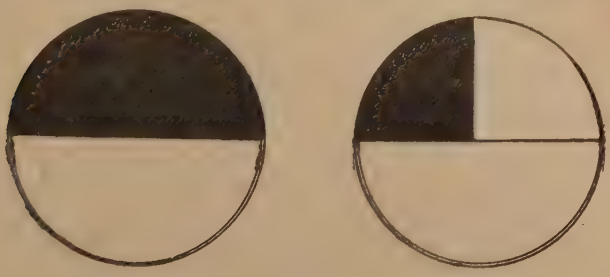
M. Lefèvre, dans son ouvrage *Chaleur animale*, a consacré un chapitre au *coefficient du partage thermique* de d'Arsonval, et indique le calcul du rapport :

L'air, dit M. Lefèvre, sort des poumons saturés à 35°. On peut aisément calculer d'après la formule :

$$P = 1.293 \times d \times \frac{H}{769} \times \frac{1}{1 + \alpha t}$$

que chaque litre de gaz expiré à 35°, emporte un poids d'eau égal à 0ᵍ,04.

Sans aller plus loin, il nous sera permis de faire une remarque concernant le calcul précédent de M. Lefèvre.



A. Gautier et Vierordt — d'Arsonval

Fig. 7. — Le coefficient de partage thermique au repos.

Evaporation pulmonaire.
Evaporation cutanée.

Il nous semble en effet que dans l'évaluation, de la quantité d'eau ou de chaleur éliminée par le poumon, l'auteur ait négligé l'état d'humidité préexistant dans l'atmosphère. Dans nos expériences, en effet, le sujet inspire un air chargé de vapeur d'eau. Il nous semble indispensable d'en tenir compte.

Le chiffre de 0 gr. 04 d'eau contenu dans un litre d'air expiré n'est exact pour l'évaluation du coefficient du partage thermique, que si l'air inspiré est sec.

Dans nos expériences, les sujets travaillaient dans une atmosphère dont l'état hygrométrique variait constamment. Nous avons tenu compte de ces variations, et le chiffre d'eau évaporée par le poumon, représenté dans

notre rapport la différence entre la quantité d'eau contenue dans l'air expiré et celle renfermée dans l'air inspiré.

Comme nous l'avons déjà indiqué, le sujet en expérience, après 13 minutes de travail, respire de 60 à 90' dans le spiromètre de Verdin. L'évaporation pulmonaire est déterminée par cet appareil et la soupape de Tissot.

On conçoit les différences qui peuvent exister dans les quantités d'eau évaporée par la respiration suivant l'état hygrométrique de l'air inspiré à des températures variables.

L'air expiré étant supposé toujours saturé vers 35°, quelques chiffres suffiront pour montrer ces variations.

TEMPÉRATURE	LITRES D'AIR EXPIRÉS EN 15 MINUTES.	EAU ÉVAPORÉE (SANS TENIR COMPTE DE L'ÉTAT HYGROMÉTRIQUE ANTÉR.)	EN TENANT COMPTE DE L'ÉTAT HYGROMÉTRIQUE ANTÉRIEUR.
18° — 16°	592 lit.	23 g. 70	23 70 — 5s92 = 17s78
26 6 — 21 9	705	28 20	28.20 — 11 40 = 16 80
28 — 23 2	660	26 40	26.40 — 11 22 = 15 18
36 — 22	570	22 80	22.80 — 3 42 = 19 38

Une objection qui ne manquera pas d'être faite est la suivante :

La soupape de Tissot, dans laquelle respire le sujet en travail, modifie la ventilation pulmonaire, en créant une résistance tant à l'inspiration qu'à l'expiration.

Nous pouvons répondre à cette objection : 1° Les sujets, à la suite d'un entraînement prolongé, finissent par s'habituer à ce genre de respiration (Nos expériences sont poursuivies dans la mine depuis plus de 2 ans).

En second lieu, les modifications dans la ventilation

pulmonaire doivent être annihilées en prolongeant ces moments de respiration de la soupape :

Fig. 8. — Graphique respiratoire pris pendant le travail.
A, Début de la respiration avec la soupape ; — B, Arrêt du cylindre pendant 20 secondes D, fin de la respiration dans la soupape.

On sait, en effet, que la ventilation pulmonaire est essentiellement facteur des échanges et surtout de la tension de CO^2 dans l'air alvéolaire, de telle sorte que si l'on prolonge un certain temps la respiration avec soupape, on arrive forcément et nécessairement à maintenir

le taux de la ventilation identique à celui existant avec la mesure ; cette considération n'étant applicable qu'avec des résistances réduites au minimum.

Le tracé ci-dessus, obtenu au moyen du pneumographe immobilisé sur le thorax du sujet et enregistrant les mouvements respiratoires sans interruption, avant, pendant et après la respiration, avec la soupape de Tissot, nous paraît suffisamment démonstratif pour justifier ces deux affirmations.

Modifications du coefficient du partage thermique. — Tout en reconnaissant que le coefficient de d'Arsonval est sujet à de très grands écarts, nous pouvons insister sur quelques faits mis en évidence par nos expériences.

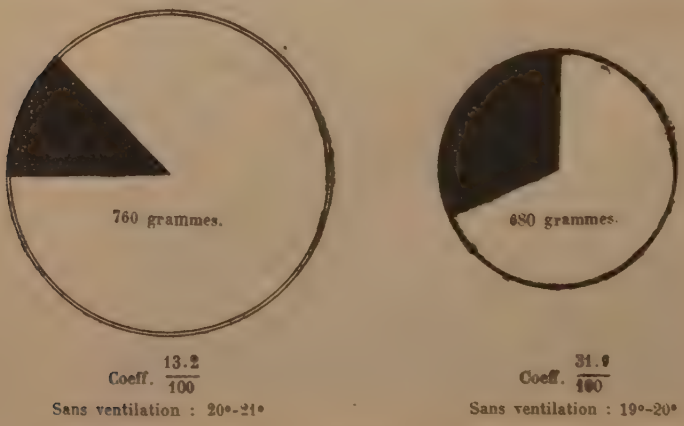


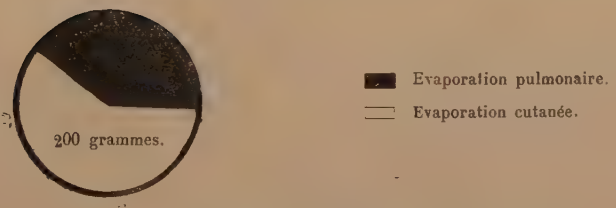
FIG. 9.

1 gramme d'eau évaporée correspond à 8 mm² du secteur.

Si normalement et au repos le rapport $\frac{EP}{EC}$ peut se rapprocher de l'unité, il n'en est plus de même pendant le travail.

Avec un travail modéré, sans transpiration visible, on peut encore observer un quotient de 40 p. 100. Mais

1.7 / 100 B. Sans ventilation (1re expérience : 19 janv.).



40 / 100 S. Avec ventilation. [30 janvier]

Fig. 10. — Le quotient évaporatoire pendant le travail.

aussitôt que le travail est plus intense et que la sueur apparaît, on voit le quotient baisser rapidement et

descendre à 12 ou 16 p. 100. Quand la sudation est intense, l'air sec, et qu'un vent de 2 à 3 mètres par seconde frappe le sujet, le rapport peut tomber au-dessous de 2 p. 100.

Les différences individuelles sont telles que l'étude des variations du quotient évaporatoire n'est réellement possible qu'en ne tenant compte que des chiffres obtenus sur un même sujet.

Le mouvement de l'air agit naturellement principalement sur l'évaporation cutanée, mais l'exagération de la ventilation pulmonaire également très sensible sous l'influence du courant d'air fait que le rapport n'oscille pas toujours avec l'intensité que l'on aurait pu prévoir.

VI

EXPÉRIENCES SUR L'ANIMAL

Dans le but d'étudier les variations de la perte d'eau, nous avons également entrepris sur l'animal une série d'expériences.

Pour ces recherches, il était nécessaire de trouver un dispositif obligeant l'animal à fournir malgré lui un travail facile à déterminer.

M. Cesa Bianchi, de Milan, étudiant la fatigue chez les petits animaux, fit construire une table à tapis roulant dans laquelle il enfermait un cobaye. C'est de ce dispositif que s'est inspiré M. le Professeur agrégé Langlois pour faire construire au Laboratoire de Physiologie de la Faculté, un appareil qui nous a permis d'effectuer sur l'animal les recherches que nous nous étions proposées.

Ainsi que le montre le schéma ci-dessous : l'appareil est constitué par un tapis roulant de 0^m55 de longueur qui forme le plancher d'une cage à parois métalliques de 0^m30 de hauteur et de 0^m21 de largeur. Le mouvement est donné par une petite dynamo dont on peut faire varier la vitesse par le décalage des balais.

Une courroie de transmission actionne le tambour supérieur qui entraîne le tapis. On peut faire varier l'incli-

naison du tapis au moyen d'un chevalet à gradins qui supporte l'extrémité amont de la cage.

La tension de la courroie de transmission est maintenue constante grâce à un galet monté sur un écrou se déplaçant le long d'une vis fixée à la paroi de la caisse.

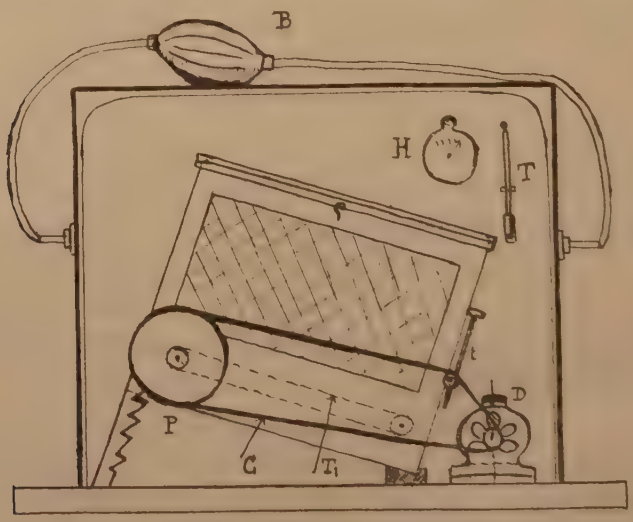


FIG. 11. — Schéma de l'appareil.

B, Pompe pour brassage de l'air ; C, Courroie de transmission ; D, Dynamo ; H, Hygromètre à cadran ; T, Thermomètre à alcool ; T', Tapis sans fin ; t, Tendeur à vis ; P, Poulie d'entraînement du tapis.

Il était nécessaire pour nos recherches de faire varier l'état hygrométrique et la température du milieu dans lequel travaille notre animal. Nous recouvrons la cage ergométrique d'une cloche C de 0^m50 de hauteur, 0^m55 de largeur et de 0^m85 de longueur, qui s'emboîte exactement dans des rainures creusées sur le plateau de support de la cage ergométrique. Notre cloche C est à armatures métalliques. Les parois latérales sont constituées par une plaque de verre. De l'extérieur nous pou-

vons surveiller l'animal pendant son travail, et lire les mesures indiquées par un hygromètre à cadran et un thermomètre à alcool appliqués contre la plaque de verre. Les parois antérieure et postérieure en fer blanc sont traversées chacune par un tube métallique sur lequel nous disposons un énéma qui nous permettra d'effectuer le brassage de l'air de la cloche et le prélèvement d'échantillons d'air destinés à l'analyse.

L'animal que nous faisons travailler est un chien à poils longs qui pèse 4 kilog. 200 environ. Voici de quelle façon sont effectuées nos expériences.

Nous commençons par peser le chien sur une balance qui nous donne une approximation de 5 grammes, et nous prenons au moyen d'un thermomètre coudé la température rectale de l'animal. Cela fait, le chien est introduit dans la cage ergométrique, l'inclinaison du tapis est déterminée pour chaque expérience. Nous recouvrons la cage ergométrique de la cloche. Pour éviter toute communication avec l'air extérieur, nous faisons couler une couche de parraffine dans les rainures du plateau inférieur qui reçoit la cloche.

Au début de l'expérience nous lisons l'état hygrométrique et la température de l'atmosphère de la cloche, et laissons l'animal au repos pendant dix minutes.

A la 11ᵉ minute, après avoir lu les chiffres indiqués par l'hygromètre et le thermomètre et après avoir fait une prise d'air au moyen de l'énéma, la cloche est enlevée, l'animal délivré est pesé, sa température rectale est prise. Les parois de la cloche sont essuyées et par un brassage violent l'air de la cloche est renouvelé.

Ces lectures faites, le chien est remis dans sa cage, la

cloche est mise en place, ses bords sont paraffinés. On lit les indications de l'hygromètre et du thermomètre, et au moyen d'une prise de courant, on lance la dynamo, qui entraîne le tapis.

Le travail commence. Pendant dix minutes l'animal sera obligé de marcher. Toutes les deux minutes nous comptons le nombre de tours de tapis, enregistrons l'état hygrométrique et la température de l'atmosphère de travail. A la dernière minute avant la cessation du travail, on prélève au moyen de l'énéma un échantillon d'air destiné à l'analyse.

Au bout de dix minutes on arrête la dynamo. Le chien délivré est pesé, on prend sa température, l'air de la cloche est violemment brassé et après un laps de temps déterminé le travail reprend.

La durée de nos expériences fut toujours de cinq périodes de dix minutes de travail séparées par un intervalle de repos variant de 2 à 10 minutes, suivant l'expérience.

Perte d'eau de l'animal comparée à la perte d'eau chez l'homme pendant le travail. — Après avoir cherché de l'ensemble de nos expériences la perte d'eau par kilogramme et par heure chez l'homme, nous avons fait ce calcul à nouveau avec les résultats de nos six expériences sur l'animal.

Perte d'eau par kilogr. d'animal et par heure. 15 gr.

— — d'homme — 13 gr. 8.

Toutes nos expériences ont eu la même durée. Toutes comportent une période de repos de 10 minutes et 4 périodes de travail de même durée. La perte de poids a été évaluée à la fin de chacune d'elles.

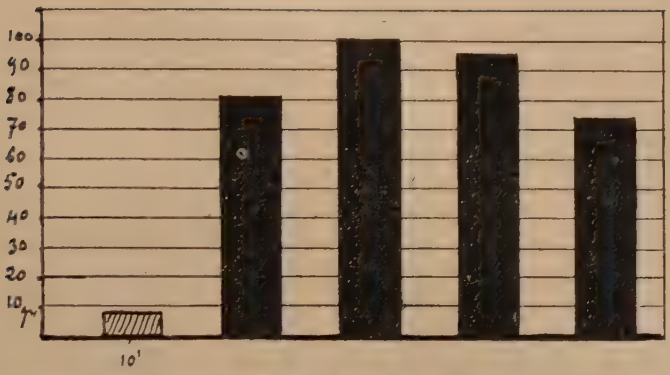


Fig. 12. — Graphique des moyennes des pertes d'eau de l'animal pendant le travail.

Nous avons fait la moyenne de ces pertes de poids de dix minutes en dix minutes et si nous représentons graphiquement comme nous l'avons fait pour l'homme ces chiffres de vaporation aux différents moments du travail, le graphique obtenu nous montre une élimination d'eau progressive. Faible pendant les 10 minutes de repos, elle augmente à la première période de travail pour atteindre son maximum à la 20e minute de travail. Nous la voyons décroître ensuite jusqu'à la fin de l'expérience.

Le défaut de résistance du chien ne nous a pas permis de pousser plus loin nos expériences. Il eut été intéressant de constater comme chez l'homme une réascension du graphique, un deuxième summum. Mais nous avons dû nous contenter de quatre périodes de travail de dix minutes.

DATES ET HEURES	NOMS	TEMPÉRATURE AU PSYCHROMÈTRE	VITESSE EN SECONDES	TRAVAIL		RESPIRATION				POIDS	TEMPÉRATURE BUCCALE	TEMPÉRATURE RECTALE	POULS	PRESSIONS ARTÉRIELLES	OBSERVATIONS
				KILOGRAMMES AU FREIN	NOMBRE DE TOURS	RYTHME	AIR RESPIRÉ EN 2 MINUTES	ÉCHANGES GAZEUX							
								Co^2	O^2						
7 jan.															
2 47	B.	23/20	0	3	60					65.43			100		
3 02		27/22			60	24	72	3 9	21.1	64.66	36.7	37.5			Sud. à 2.52
3 10	B.	25.6/22			60										
3 25		27/22.4	0	3	62					64.46	36.9	37.8	140		
3 32		28.2—24			60										
3 47		28.8/23.4			58	22	87	3.6	20.7	64.28	37	38.6	140		
3 58		27.8/33			60										
4 13		28.4/23.4	0		60					64.03	37.5	38.6	156		
4 21		27.6/23.2													
4 36		28.8/24.2			72	24	118	3 7	20.4	63.88	37.5	38.5	156		
22 jan.															
2 25	S.	25/20.5	0	2						58.520	37 6	38.2	106	45	
2 40		27/22			72	23	83	3.7	20.7	58.330	37.6	37.7	150	19	
2 50		27/22			62										
3 5		27.9/23			70					58.160	37 3	38.3	164	21	
3 15		27.4/23			80										

4 20		29.7/24			64					57.630	37.9	38.3	150	24	Sens. de soif.
4 30		28 1/23			63										
4 45		28.2/24			60	24	84	3.6	20.2	57.740	37.8	38.6	140	25	
26jan.															
3 12	B.	36/23	3m	2	80					64.80	36.7	37.3	104	17.5	
3 27		36/23	3 10		80	28	96			64.54	36.8	37.5	132	21	
3 33		35.7/23.3	3 10		88										
3 48		35/23.5	»		80					64.28	36.8	37.8	144	20.5	
3 53		34.4/24.2	3		68										
4 8		»	»		»	26	100			64.11	37.4	38.1	156	23	
4 13		34/24.2	3 5		70										
4 28		33.6/24.2	»		76					63.92	37.1	38.2	144	21.5	
4 32		33.4/24	3		76										
4 47		33.2/24	»		76					63.72	37.4	38.3	160	24	
4 52		33.2/24	3	2	80										
5 7		33.2/24	3	2	80	26	92			63.47	36.9	38.4	160	24	Etat général bon.
30jan.															
2 10	S.	35.2/20	3m	2						58.69	37.4	37.8	116		
2 35		35.2/20			68	18	76	3.4	20.4	58.47	37.7	37.8	120	19.5	Sudation.
2 46		34/20			74										
3 1		34/21			74					57.99	37.5	37.9	126	23	
3 11		34/21	2	2	68										

DATES ET HEURES	NOMS	TEMPÉRATURE AU PSYCHROMÈTRE	VITESSE EN SECONDES	TRAVAIL		RESPIRATION				POIDS	TEMPÉRATURE BUCCALE	TEMPÉRATURE RECTALE	POULS	PRESSIONS ARTÉRIELLES	OBSERVATIONS
				KILOGRAMMES AVEC FREIN	NOMBRE DE TOURS	RYTHME	AIR RESPIRÉ EN 2 MINUTES	ÉCHANGES GAZEUX							
3 26		34—21	2m	2	68	20	75	3.3	20.6	57.81	37.6	37.9	128	25	
3 34		36--22	3	2	60										
3 49		36—22	3	2	64					57.60	37.9	38	138	26	3.41 sensation de soif.
3 55		36.4—23	3	2	64					57.48	37.8	38	126	27	
4 14		37.4/24	3	2	66			3.5	20.4						
4 29		38 -24	3	2	64	20	68			57.43	38	38 2	152	?	
7 fév.															
3 44	B.	29.7/26		2	84					65	37.2	37.6	96	17	
3 59		29/26.8			84	30	110	3.2	20.6	64.90	37.3	37.8	144	20	
4 4		28.7/25			84										
4 19		28.2/25.5			84					64.75	37.4	37.9	140	27	
4 25		28—25.4	5m15	2	84										
4 40		28.1/25 4			84	26	106	2.9	20.8	64.62	37.3	38.2	144	28	A 4.30 sens. de soif
4 45		28.4/25.7	4	2	80										
5		28.8/25.8	4	2	80					64.52	37.4	38.2	140	28	
5 4		29—25.8			86										
5 19		»			86	30	76	3	19.6	64.40	37.3	38 2	132	27	

3 30		26.6/22				20	95	3.6	20.8	58.35	37.4	37.6	124	20	
3 35		27.2—22			58										Accident, repos 5'.
3 50		28.8—24			64					58 24	37.5	37.6	142	25	
4 15		31/24			56										
4 30		31.6/25			56	20	87	3.4	20.6	58.05	37 6	37.7	142	22	
4 37		31/24.4			60										
4 52		31/24			60					57.98	37.6	37.7	128	21	Sens. de fatigue.
4 58		30/23 6			60										
5 13		29/24			64					57.85	37.6	37.8	122	21	
5 15		30/24.4													
5 30		30.6/24			56	22	73	3.5	20.4	57.73	37 6	37.8	142	21	
29 fév.															
2 16	S.	17—15	0	2	80					58.13	36 7	37.6	94	14	
2 31		17—15			80	24	69	3.2	20.3	58.10	37	37.6	104	16.5	
2 36		19—18			64										
2 51		20 19								58.06	37.3	37.7	128	17	
2 55		20—19													
3 10					64	24	105	3.5	20.8	57.98	37.1	37.7	136	17.5	
3 15		20—18.5			62										
3 30															
3 42		20—19.5			62					57.84	37.1	36.8	144	18	
3 57										57.78	37.2	37.2	140	18	

DATES ET HEURES	NOMS	TEMPERATURE AU PSYCHROMÈTRE	VITESSE EN SECONDES	TRAVAIL		RESPIRATION				POIDS	TEMPÉRATURE BUCCALE	TEMPÉRATURE RECTALE	POULS	PRESSIONS ARTÉRIELLES	OBSERVATIONS
				KILOGRAMMES AVEC FREIN	NOMBRE DE TOURS	RYTHME	AIR RESPIRÉ EN 2 MINUTES	ÉCHANGES GAZEUX							
4 05	S.	20.4/20	0	2	72										4.10, fatigue.
4 20		21/20			72	24	101	3.6	20.6	57.68	37 3	37.3	132	18.5	
21 fév.															
3 13	B.	20.5/19.2	0	2	72					65.63	36 9	37.3	92	15	
3 28		20.8/19.8				22	95	3.3	20.6	65.53	37.1	37.5	132	17	
3 35		20.5/19.9													
3 50		20.8/20			80					64.42	37 2	37.4	132	20	
3 54		20 7/20			80										
4 9		20 5/20.7			80	28	98	3.5	20.5	65.30	37.2	37.4	136	18	
4 15		21/20.5													
4 30					84					65.22	37.2	37.5	160	21	
4 33		21.8/21.3			84										4.33, sens. soif.
4 48		—			—					65.07	37.2	37.9	160	20.5	
4 51		21.8/21 2			88										
5 6		22/21.3			88	26	88	3.6	20.2	64.94	37.3	38	160	19	
5 mars															

3 6		27 23.4												
3 21		26.7/23.7			80	24	94	3.5	20.3	64.57	37.3	38	160	19	3.55, sensat. de fatigue.
3 28		26 23.5													
3 43		27.2/24.5								64.46	37.3	38	156	19.5	
3 47		27.5—23.2			82										
4 2		27.7—24.5								64.37	37.8	38.4	176	17.5	
4 6		27.5/24.5			80										
4 28		27.8/25			80	32	96	3.6	20.4	64.23	37.3	38.4	160	17	Travail arrêté à 4.18. Grande fatigue.

2 1 4 3 5

Fig. 13. — *Travail sur une bicyclette ergogrammétrique avec la soupape de Tissot. La pince nasale n'est pas en place.* — 1. Frein de Prony. — 2. Métronome. — 3. Récipient de 4 litres avec ballon régulateur. — 4. Appareil pour prise de l'échantillon d'air du Dr Langlois. — 5. Spiromètre Verdun.

Fig. 14. — *Travail au typtographe. Dans la position du travail des mineurs dits à col tordu.* — Le travailleur a dans la bouche la sonde termo-électrique. Prise de pression artérielle après le travail avec l'oscillomètre de Pachon.

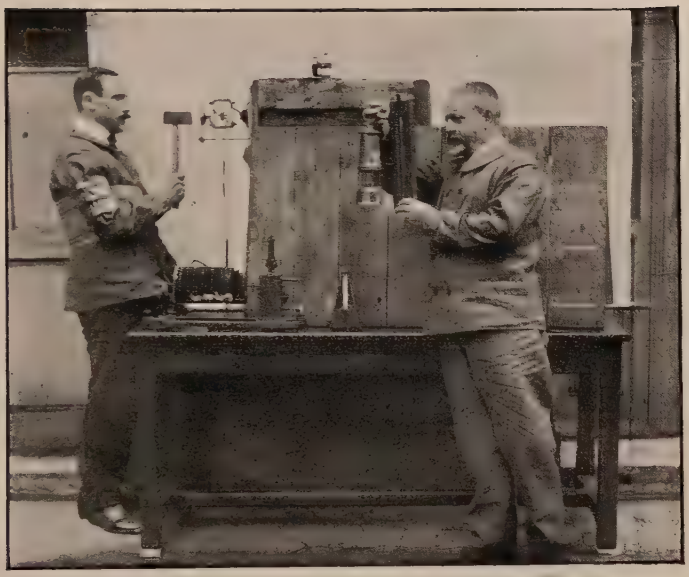


Fig. 15. — *Travail au typtographe et lecture à la lampe du psychromètre.* Le travailleur porte une large ceinture, avec brassard assurant l'immobilisation du bras, les muscles de l'avant-bras seuls travaillant. Chaque inflexion du ressort du typtographe est enregistré sur le cylindre.

Les deux thermomètres du psychromètre sont protégés par une gaine en bois, et la lecture est faite par transparence sans que la lame de sûreté puisse échauffer les cuvettes.

CONCLUSIONS

L'évaporation aqueuse est le procédé le plus énergique employé par l'organisme pour lutter contre l'élévation de température.

L'évaporation aqueuse peut s'effectuer chez les hommes et les animaux munis d'appareils sudoripares par le poumon et la peau.

Dans les recherches actuelles nous avons cherché à déterminer la courbe de l'évaporation aqueuse pendant le travail en faisant varier le milieu ambiant au point de vue hygrométrique, thermique et vitesse de l'air.

1° Dans les expériences poursuivies pendant 1 h. 1/2 nous avons constaté l'existence d'oscillations rythmiques dans la courbe de l'évaporation aqueuse.

On note pendant cette durée du travail deux maxima : Ces maxima se présentent à des moments différents suivant que le sujet travaille en air calme ou dans le vent.

Dans le premier cas, le premier maximum ne se manifeste qu'au 3e ou 4e quart d'heure, alors qu'avec un vent de deux mètres, on le rencontre dans le second quart d'heure.

2° La quantité d'eau évaporée varie suivant la température et l'état hygrométrique.

Si on groupe les observations en ne tenant compte que

du thermomètre mouillé ou que du thermomètre sec, on arrive à ces résultats :

A 25° au thermo mouillé et sans ventilation, la perte d'eau est de 527 grammes.

A 29° au thermo mouillé et sans ventilation, la perte d'eau est de 450 grammes.

Dans les mêmes conditions mais avec ventilation, la perte d'eau est dans le premier cas (25°) de 1340 grammes et dans le second cas (29°) de 930 grammes.

A 24° au thermo sec et le même travail sans ventilation, la perte d'eau est de 500 grammes, à 29° elle atteint 540 grammes.

Avec ventilation à 25°, la perte d'eau est de 250 grammes ; à 29 et au-dessus, de 1140 grammes.

3° Le quotient évaporatoire (ancien coefficient de partage de d'Arsonval présente des variations énormes suivant les conditions de travail. On peut, sans poser de loi, admettre que le quotient évaporatoire $\frac{Ep}{Ec}$,

Ep désignant l'évaporation pulmonaire,

Ec désignant l'évaporation cutanée

est d'autant plus faible que l'évaporation totale est plus intense.

Le Président de la Thèse,
ROGER.

Vu :
Le Doyen,
LANDOUZY.

Vu et permis d'imprimer :
Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,
L. LIARD.

BIBLIOGRAPHIE

Benedict et Carpenter. The influence of musculard and mental Work on melabolism and the efficiency of the human body as a machine. *Bulletin* 208. U. S. Department of agriculture. Année 1909, Washington.

Boulin. La morbidité dans les ateliers chauds et humides non ventilés. *Revue scientifique*, 8 avril 1911.

Cesa Bianchi. *Revista el Laboro*, 1911. Anno IV, Milan.

Chantemesse et Mosny. *Hygiène industrielle.* A. 1908, p. 120.

François Franck. *Dictionnaire sciences médicales*, article « Sueur ».

Garrelon et Langlois. Etude de la polypnie thermique. *Journal de physiologie*, mars 1906 ; juillet 1907.

Garrelon. *La polypnée thermique.* Thèse Paris, 1909.

Glibert. *La filature de lin*, p. 312.

Haldane. *The investigation of Mine air*, p. 127.

— The influence of High air Temperature. *Journal d'hygiène*, 1905.

— *Journal of hygiene*, vol. V, p. 494.

— Communication au *Congrès de Berlin*, septembre 1907.

Imbert. *La fatigue dans le travail industriel. Mode de fonctionnement économique de l'organisme*, Paris, 1902.

Langlois. *Traité d'hygiène*, 1909, p. 108.

— *Rapport au Comité central des Mines*, 1910.

Lavoisier et Seguin. *Premier mémoire sur la transpiration des animaux.* Mémoire de l'Académie des sciences, 1790.

Lefèvre. *Chaleur animale et bioénergétique*, p. 475.

Marcou. *Recherches expérimentales sur les conditions physiologiques du travail des mineurs, influence de la ventilation.* Thèse Paris, 1910.

Morat et Doyon. *Physiologie*, p. 497.

Richet (Ch.). *Dictionnaire de physiologie.* Chaleur animale, p. 154.

Rübner. Die Beziehungen der Atmosphärischen, Feuchtigkeit zur Vasserdampfabgabe. *Archiv für Hygiene*, 1890.

— *Archiv für Hygiene*, 1900, p. 120-137.

Schoofs (Fr.). *Hygiène pratique. Méthode de recherches*, p. 140.

Spencer Churchill. *Effect of Work in hot Meoist atmosphere.*

Trèves. La fatigue dans le travail (*Archives It. de Biologie*, t. XXIX, fasc. II).

Saint-Brieuc. — Typographie F. Guyon (1797-6-12).

47

THÈSE

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE